OMPP
TD11

École Centrale Pékin

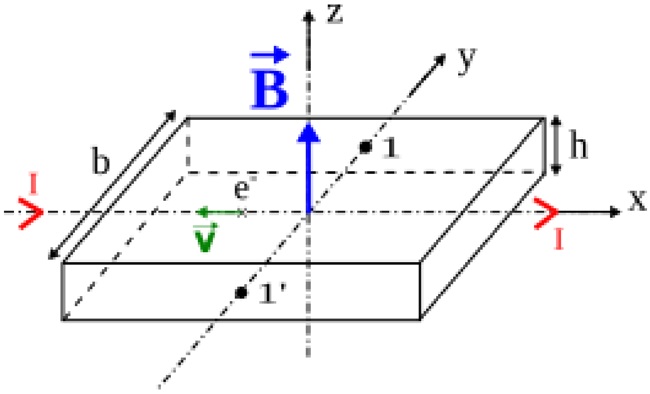
2019-2020

Applications du cours

Exercice 1 : Effet Hall

Soit une plaque semi-conductrice de type N (les porteurs de charges sont des électrons de charge $-e$) de largeur b et de hauteur h, parcourue dans le sens de sa longueur par un courant d'intensité I répartit sur toute la section de la plaque. On peut définir un vecteur densité de courant, $\vec{j} = j\vec{u_x}$ avec $j > 0$.

Le nombre de porteurs de charges par unité de volume est n. On place cette plaque dans un champ magnétique uniforme $\vec{B} = B\vec{u_z}$ avec $B > 0$. Ce champ est grand devant le champ créé par le courant I.

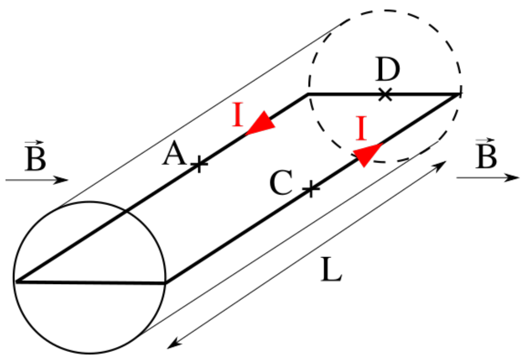


En régime permanent, le vecteur densité à toujours pour expression $\vec{j} = j\vec{u_x}$

1. Etablir l'expression du vecteur vitesse $\vec{v}$ des électrons dans la plaque en fonction de $\vec{j}$, n, et e.
2. Expliquer l'apparition d'un champ électrique de Hall entre les deux faces de la plaque. Indiquer son sens et sa direction
3. Le régime permanent étant établi, trouver l'expression vectorielle du champ électrique de Hall $\overrightarrow{E_H}$ en réalisant le bilant des forces dans la direction $\overrightarrow{u_y}$ sur un électron.
4. Donner l'expression de l'intensité de ce champ en fonction des données de l'énoncé.
5. Calculer la différence de potentil $V(1) - V(1')$ qui est égame à la tension de Hall U_H. Montrer qu'elle peut s'écrire :
$$U_H = \frac{C_H}{h} IB$$
On donnera l'expression de C_H.
6. Sachant que pour le semi-conducteur "antimoine d'indium", $C_H = 385.10^{-6}\ m^3.C^{-1}$, $I = 0,1\ A$, $h = 0,3\ mm$ et $B = 1\ T$, calculer U_H et la densité volumique d'électrons n.

Exercice 2 : Moteur à courant continu

Schématisons le rotor simplifié d'un moteur à courant continu. On suppose qu'il ne comporte qu'une spire représentée sur le schéma suivant :



La champ magnétique est perpendiculaire à la spire et $B = 0,90\ T$, $I = 2\ A$ et $L = 25\ cm$

1. En déduire la direction et le sens des forces électromagnétiques exercées aux points A, C et D, milieux de chaque partie de la spire.
2. Quelle est l'action de ces forces sur la spire ?
3. Calculer l'intensité des forces exercées en A , C et D. Les représenter.
4. On inverse le sens du courant dans la spire. Reprendre les questions a et b.

S'entraîner

Exercice 3 : Pression sur un solénoïde

On considère un solénoïde cylindrique infiniment long dans lequel circule entre les rayons a et $a+e$, une densité volumique de courant $\overrightarrow{j} = j_0 \overrightarrow{e}_\theta$ (où $\overrightarrow{e}_\theta$ est un des vecteurs de base des coordonnées cylindriques d'axe z). **On admettra que pour** $M(r > a+e, \theta, z)$ $\overrightarrow{B}(M) = \overrightarrow{0}$**.**

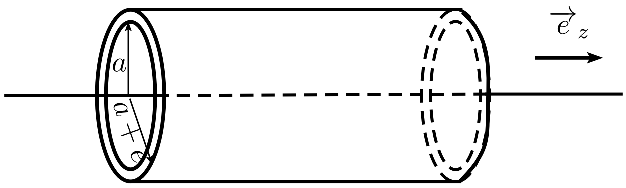


Figure 1 – Extrait du solénoïde (supposé infiniment long)

1. Calculer le champ magnétique $\overrightarrow{B}(M)$ créé par la distribution de courant.
2. Calculer la densité volumique de forces de Laplace $\overrightarrow{f}_{v,\text{Laplace}} \triangleq \dfrac{d\overrightarrow{F}_{\text{Laplace}}}{d\tau}(M) = \overrightarrow{j}(M) \wedge \overrightarrow{B}(M)$.
   En déduire la déformation qu'elles ont tendance à réaliser sur le solénoïde.
3. Une *pression* est la norme d'une force par unité de surface. En tout point M situé sur la surface intérieure du solénoïde (c'est-à-dire $M(a,\theta,z)$), on admettra que :

$$P(M_{(a,\theta,z)}) = \frac{\int_{r=a}^{r=a+e} \overrightarrow{f}_{v,LAPLACE}(M) \cdot \overrightarrow{e}_r \underbrace{d\tau}_{=dr\ rd\theta\ dz}}{ad\theta dz}$$

Exprimer $P(M_{(a,\theta,z)})$ en fonction de $\overrightarrow{B}^2(r < a, \theta, z)$ en supposant $e \ll a$.
On est capable de produire (pendant de très courts instants) à l'intérieur du solénoïde un champ magnétique de l'ordre de 10 T. Donner un ordre de grandeur de $P(M_{(a,\theta,z)})$ et expliquer pourquoi le solénoïde doit être très résistant.